



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113478476 A

(43) 申请公布日 2021. 10. 08

(21) 申请号 202110616257.X

(22) 申请日 2021.06.02

(71) 申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园1号

(72) 发明人 程奥华 丘铨可 郝瀚 徐奕舟

聂宇轩 蒋玉骅 马煦茗 郑钢铁

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事

务所(普通合伙) 11201

代理人 罗文群

(51) Int. Cl.

B25J 9/16 (2006.01)

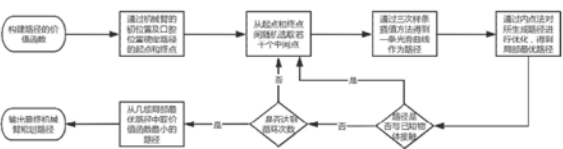
权利要求书1页 说明书2页 附图1页

(54) 发明名称

一种机械臂路径规划的方法

(57) 摘要

本发明属于机器人控制技术领域,特别涉及一种机械臂路径的规划方法。本发明提出的机械臂路径的规划方法,使机械臂可以以相对最优的方式进行移动。主要过程为构建路径的价值函数,随机生成路径并使用非线性优化方法对其进行优化和极值求解,选取各组中最优的路径输入机械臂。本发明的路径规划方法,使机器人的机械臂移动具有运动距离短、距不可工作区域远、最大速度和加速度小等优点,机械臂路径规划合理可靠,提高了机器人完成任务的效率和安全性。



1. 一种机械臂路径的规划方法,其特征在于该方法包括以下步骤:

(1) 构建待规划的机械臂路径的价值函数 $L(s)$:

$$L(s) = k_1 l(s) + k_2 \max_s \left(\sum_{i=1}^n \dot{q}_i^2 \right) + k_3 \max_s \left(\sum_{i=1}^n \ddot{q}_i^2 \right) + k_4 \left[\min_s \sum_{i=1}^n (q_i - q_i^*)^2 \right]^{-1}$$

其中, s 为机械臂的任意路径, $l(s)$ 为路径 s 的总长度, q_i 为路径 s 中任一点的机械臂第 i 个自由度的位移, n 为自由度的总数量, \dot{q}_i^2 和 \ddot{q}_i^2 分别为第 i 个自由度的位移的速度和加速度的平方, q_i^* 为机械臂第 i 个自由度的位移奇点的坐标;公式中的四项分别表示机械臂末端运动的总长度、最大速度、最大加速度和机械臂与机械臂不可工作区域的距离的倒数, k_1 、 k_2 、 k_3 和 k_4 为对公式中四项的加权平均参数; k_1 、 k_2 、 k_3 和 k_4 由人为事先设定;

(2) 将待规划的机械臂的初位置作为规划路径的起点,机械臂的目标位置作为规划路径的终点,从起点和终点之间随机选取多个中间点,利用三次样条插值方法,得到一条光滑的曲线 s ,将曲线 s 作为初始规划路径;

(3) 根据步骤(1)的价值函数,采用内点法,通过下式对步骤(2)的初始规划路径 s 进行优化,得到一条使得价值函数局部最优的路径 s^* :

$$s^* = \operatorname{argmin} L(s)$$

(4) 对局部最优路径 s^* 上的任意一点进行判断,若任意一点落在与已知物体发生接触的区域内,则取消该局部最优路径 s^* ,返回步骤(2),若任意一点为落在与已知物体发生接触的区域内,则保留该局部最优路径 s^* ,进行步骤(5);

(5) 设定循环次数,重复步骤(2)-步骤(4),得到多条局部最优路径 s^* ,从多条局部最优路径 s^* 中选取价值函数最小的路径,作为最终机械臂规划路径。

一种机械臂路径规划的方法

技术领域

[0001] 本发明属于机器人控制技术领域,特别涉及一种机械臂路径的规划方法。

背景技术

[0002] 在机器人运动过程中,机械臂的路径规划是最为重要的控制算法之一,并且随着对机器人运动要求的提高,同时进行高效率移动和规避机械臂运动学奇点等多个要求已经成为当前机械臂路径规划最重要的问题之一。此前关于路径规划算法已经有了很多研究及专利,但大多只聚焦于上述问题的一个方面。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提出一种机械臂路径的规划方法,以克服上述现有技术中的缺点,综合考虑机械臂路径的长度、到达速度和规避奇点更多目标,以寻找出机械臂的最优路径。

[0004] 本发明提出的机械臂路径的规划方法,包括以下步骤:

[0005] (1) 构建待规划的机械臂路径的价值函数 $L(s)$:

$$[0006] \quad L(s) = k_1 l(s) + k_2 \max_s \left(\sum_{i=1}^n \dot{q}_i^2 \right) + k_3 \max_s \left(\sum_{i=1}^n \ddot{q}_i^2 \right) + k_4 \left[\min_s \sum_{i=1}^n (q_i - q_i^*)^2 \right]^{-1}$$

[0007] 其中, s 为机械臂的任意路径, $l(s)$ 为路径 s 的总长度, q_i 为路径 s 中任一点的机械臂第 i 个自由度的位移, n 为自由度的总数量, \dot{q}_i^2 和 \ddot{q}_i^2 分别为第 i 个自由度的位移的速度和加速度的平方, q_i^* 为机械臂第 i 个自由度的位移奇点的坐标;公式中的四项分别表示机械臂末端运动的总长度、最大速度、最大加速度和机械臂与机械臂不可工作区域的距离的倒数, k_1 、 k_2 、 k_3 和 k_4 为对公式中四项的加权平均参数; k_1 、 k_2 、 k_3 和 k_4 由人为事先设定;

[0008] (2) 将待规划的机械臂的初位置作为规划路径的起点,机械臂的目标位置作为规划路径的终点,从起点和终点之间随机选取多个中间点,利用三次样条插值方法,得到一条光滑的曲线 s ,将曲线 s 作为初始规划路径;

[0009] (3) 根据步骤(1)的价值函数,采用内点法,通过下式对步骤(2)的初始规划路径 s 进行优化,得到一条使得价值函数局部最优的路径 s^* :

$$[0010] \quad s^* = \operatorname{argmin} L(s)$$

[0011] (4) 对局部最优路径 s^* 上的任意一点进行判断,若任意一点落在与已知物体发生接触的区域,则取消该局部最优路径 s^* ,返回步骤(2),若任意一点为落在与已知物体发生接触的区域,则保留该局部最优路径 s^* ,进行步骤(5);

[0012] (5) 设定循环次数,重复步骤(2)-步骤(4),得到多条局部最优路径 s^* ,从多条局部最优路径 s^* 中选取价值函数最小的路径,作为最终机械臂规划路径。

[0013] 本发明提出的机械臂路径的规划方法,使机械臂可以以相对最优的方式进行移动。主要过程为构建路径的价值函数,随机生成路径并使用非线性优化方法对其进行优化

和极值求解,选取各组中最优的路径输入机械臂。本发明的路径规划方法,使机器人的机械臂移动具有运动距离短、距不可工作区域远、最大速度和加速度小等优点,机械臂路径规划合理可靠,提高了机器人完成任务的效率和安全性。

附图说明

[0014] 图1是本发明提出的机械臂路径的规划方法的流程框图。

具体实施方式

[0015] 本发明提出的机械臂路径的规划方法,其流程框图如图1所示,包括以下步骤:

[0016] (1) 构建待规划的机械臂路径的价值函数 $L(s)$:

$$[0017] \quad L(s) = k_1 l(s) + k_2 \max_s \left(\sum_{i=1}^n \dot{q}_i^2 \right) + k_3 \max_s \left(\sum_{i=1}^n \ddot{q}_i^2 \right) + k_4 \left[\min_s \sum_{i=1}^n (q_i - q_i^*)^2 \right]^{-1}$$

[0018] 其中, s 为机械臂的任意路径, $l(s)$ 为路径 s 的总长度, q_i 为路径 s 中任一点的机械臂第 i 个自由度的位移, n 为自由度的总数量, \dot{q}_i^2 和 \ddot{q}_i^2 分别为第 i 个自由度的位移的速度和加速度的平方, q_i^* 为机械臂第 i 个自由度的位移奇点(即机械臂的不可工作位置)的坐标;公式中的四项分别表示机械臂末端运动的总长度、最大速度、最大加速度和机械臂与机械臂不可工作区域的距离的倒数, k_1 、 k_2 、 k_3 和 k_4 为对公式中四项的加权平均参数; k_1 、 k_2 、 k_3 和 k_4 由人为根据规划精度等事先设定的,本发明的一个实施例中, $k_1=1$ 、 $k_2=3$ 、 $k_3=3$ 和 $k_4=0.003$ 。

[0019] (2) 将待规划的机械臂的初位置作为规划路径的起点,机械臂的目标位置作为规划路径的终点,从起点和终点之间随机选取多个中间点,利用三次样条插值方法,得到一条光滑的曲线 s ,将曲线 s 作为初始规划路径;

[0020] (3) 根据步骤(1)的价值函数,采用内点法,通过下式对步骤(2)的初始规划路径 s 进行优化,得到一条使得价值函数局部最优的路径 s^* :

$$[0021] \quad s^* = \operatorname{argmin} L(s)$$

[0022] 本步骤中的局部最优路径 s^* 对应步骤(1)中价值函数四项的含义为机械臂末端移动的总距离小、最大速度小、最大加速度小和距离不可工作区域距离远。

[0023] (4) 对局部最优路径 s^* 上的任意一点进行判断,若任意一点落在与已知物体发生接触的区域,则取消该局部最优路径 s^* ,返回步骤(2),若任意一点为落在与已知物体发生接触的区域,则保留该局部最优路径 s^* ,进行步骤(5);

[0024] (5) 设定循环次数,重复步骤(2)-步骤(4),得到多条局部最优路径 s^* ,从多条局部最优路径 s^* 中选取价值函数最小的路径,作为最终机械臂规划路径。

[0025] 在此说明书中,本发明已参照其特定的实施例作了描述。但是,很显然仍可以作出各种修改和变换而不背离本发明的精神和范围。因此,说明书和附图应被认为是说明性的而非限制性的。

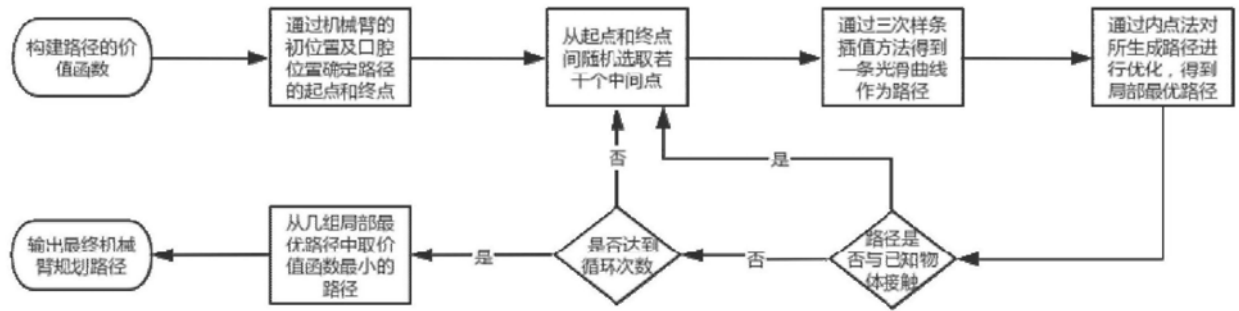


图1